

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

RENATO XIMENES BOLSANELLO

**DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E ENERGIAS RENOVÁVEIS: UM
ESTUDO ECONÔMICO SOBRE O POTENCIAL DE USO DO MDL PARA O
DESENVOLVIMENTO DA ENERGIA EÓLICA NO ESPÍRITO SANTO**

**Vitória, ES
2010**

RENATO XIMENES BOLSANELLO

**DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E ENERGIAS RENOVÁVEIS: UM
ESTUDO ECONÔMICO SOBRE O POTENCIAL DE USO DO MDL PARA O
DESENVOLVIMENTO DA ENERGIA EÓLICA NO ESPIRITO SANTO**

Dissertação apresentada ao Mestrado em
Economia do Programa de Pós-Graduação em
Economia do Centro de Ciências Jurídicas e
Econômicas da Universidade Federal do
Espírito Santo, como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Sonia Maria
Dalcomuni.

**Vitória, ES
2010**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho:

A minha orientadora Sonia Maria Dalcomuni pela confiança depositada, e também pela compreensão e incentivo;

Aos professores que puderam me passar todo conhecimento;

Aos colegas de turma que tornaram o mestrado uma segunda casa;

Aos meus pais, meu irmão, Nena, Lia e ao professor Eduardo Moscon pelo incentivo e apoio.

A Raul e Socorro e aos meus tios Márcio e Ana pelo carinho e confiança.

Aos meus amigos que me apoiaram e me incentivaram para que eu realizasse o mestrado.

RESUMO

Neste cenário de aquecimento global, o mercado de carbono pode ser uma forma de países subdesenvolvidos, através de projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) buscarem o desenvolvimento sustentável. Neste trabalho estão a evolução da energia eólica ao longo do tempo, sua utilização na geração de energia elétrica, seu Atlas Eólico e suas perspectivas. Considerando o potencial eólico no Estado e as novas regras do setor elétrico, assim como os programas de incentivo às fontes de energia limpa, foi desenvolvido um estudo para se comprovar a possibilidade da utilização do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo para a sua implantação no Espírito Santo. O trabalho analisa o desenvolvimento de Energia Eólica do Estado do Espírito Santo e sua possível classificação como projeto com parâmetros adequados às definições do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo previsto no Protocolo de Quioto, com objetivo de atrair investimentos estrangeiros para incrementar a produção de energia elétrica sem degradação do meio ambiente, bem como a geração de retorno financeiro com o mercado de Reduções Certificadas de Emissões. O crescimento e desenvolvimento da energia eólica apresenta-se como uma importante e promissora tecnologia para a geração complementar de energia limpa de emissões de carbono.

Palavras-chave: Mecanismo de Desenvolvimento Limpo; Desenvolvimento Sustentável; Energia Eólica; Espírito Santo.

ABSTRACT

The paper analyzes if the Development of Wind Energy in the State of Espírito Santo can be classified as a project that might fit the definitions of Clean Development Mechanism under the Kyoto Protocol, aimed at attracting foreign investment to produce electricity without degrading the environment, as well as generate financial returns to market for Certified Emission Reductions. The growth and development of wind energy presents itself as an important and promising technology to generate additional power clean carbon emissions. In this scenario of global warming, the carbon market can be a way of developing countries through projects of Clean Development Mechanisms (CDM) pursue their sustainable development. This paper presents the evolution of wind energy over time, their use in generating electricity, its Wind Atlas and its perspectives. Considering the wind potential in the state and the new rules of the electricity sector, as well as programs to encourage clean energy sources, a study was developed to prove the possibility of using the Clean Development Mechanism for its deployment in Espírito Santo.

Key words: Clean Development Mechanisms (CDM); Sustainable Development; Wind energy, Espírito Santo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - PROINFA - Energias alternativas contratadas (em MW) – 2009.....	35
Figura 2 - Ambientes possíveis de contratação de geração elétrica no novo modelo institucional do setor elétrico brasileiro.....	38
Figura 3 - Capacidade instalada em operação no Espírito Santo em 2008.....	40
Figura 4 - Destino da geração de energia elétrica no Espírito Santo em 2008 (em relação à potência instalada em operação).....	40
Figura 5 - Consumo de Energia Elétrica por Setor no Espírito Santo – 2007...	43
Figura 6 - Evolução do Consumo de Energia Elétrica por Setor no Espírito Santo (GWh/ano).....	43
Figura 7 - Projeção do Consumo de Energia Elétrica na Rede do Subsistema Sudeste/Centro Oeste (TWh/ano).....	44
Figura 8 - Potencial eólico brasileiro por regiões em 2006.....	47
Figura 9 - Mapa de densidade do ar	54
Figura 10 - Grandes escalas atmosféricas atuantes nos regimes de vento brasileiro e capixaba.....	57
Figura 11 - Ciclo de Projetos do MDL.....	66
Figura 12 - Projetos em MDL pelo Mundo em 2009.....	68
Figura 13 - Linha de base.....	73
Figura 14 - Quadros nacionais para energias renováveis.....	76
Figura 15 – Valores médios de implantação de usinas geradoras de energia.....	82
Figura 16 – Valores de arrecadação da CCC e Preço do óleo diesel e gás natural em US\$/m3.....	83
Figura 17- Preço médio da energia negociada nos leilões.....	85
Figura 18 – Valores de referência para a energia do PROINFA.....	85
Figura 19:.. Valor da energia cobrada das unidades consumidoras residenciais em 2009, descontados os impostos ICMS, PIS/PASEP e COFINS.....	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Usinas Hidrelétricas no ES (UHE, PCH e CGH).....	41
Tabela 2 - Usinas Termelétricas no ES.....	42
Tabela 3 - Potencial de geração de energia eólica.....	53
Tabela 4 - Estimativa de Potencial OFFSHORE.....	56

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO

CAPÍTULO 1: Energia e desenvolvimento sustentável: aspectos teóricos e conceituais

1.1 Desenvolvimento econômico	5
1.2 Desenvolvimento sustentável: histórico e conceitos.....	8

CAPÍTULO 2: O setor energético: Panorama Geral e aspectos técnicos

2.1 Panorama nacional e estadual do setor energético.....	24
2.1.1 Programa Emergencial de Energia Eólica – PROEÓLICA.....	33
2.1.2 Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA.....	34
2.1.3 Novo modelo do Setor Elétrico.....	36
2.1.4 Panorama do Espírito Santo.....	38
2.1.4.1 Sistema Elétrico.....	40
2.2 Produção de energia eólica – Panorama, aspectos técnicos e conceituais.....	44
2.2.1 O potencial eólico Brasileiro.....	44
2.2.2 A energia eólica no Brasil.....	48
2.2.3 O potencial eólico do ES.....	51
2.2.3.1 Potencial <i>Offshore</i>	54
2.2.3.2 Regime dos ventos.....	56
2.2.3.2.1 Velocidade média horária anual.....	58
2.2.3.3 Medições anemométricas.....	58
2.2.3.4 Modelos de terrenos.....	59

CAPITULO 3: Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e Reduções Certificadas de Emissões – RCE’s: Potencialidades e Limitações para o financiamento da energia eólica no ES

3.1 Mecanismo de Desenvolvimento Limpo	61
3.2 Eficácia do MDL para a Energia Eólica	66
3.2.1 Nível e previsibilidade de apoio.....	70
3.2.2 Adicionalidade	71
3.2.3 Linha de base	72
3.2.4 Custos de transação.....	74
3.2.5 Quadros nacionais para energias renováveis.....	75
3.3 O futuro do MDL.....	77
3.4 Reduções Certificadas de Emissões – RCE’s.....	78
3.5 A Energia Eólica no Estado do Espírito Santo e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo	79

CAPÍTULO 4: Custo da energia eólica comparada com fontes tradicionais

4.1 Comparação de preços pelo custo de implantação por unidade de potência.....	82
4.2 Comparação de preços pela energia gerada durante a vida útil.....	83
4.2.1 Diferença entre o custo da energia na Usina e na Unidade consumidora.....	85
4.3 Conclusão.....	86

CONCLUSÃO.....	88
----------------	----

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
---------------------------------	----